

Е. В. Ханькова

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
xbhekaterina@yandex.ru
Научный руководитель — проф., д-р техн. наук Ю. Н. Логинов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЖАТИЯ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРЫ В СИСТЕМЕ ABAQUS

Выполнено математическое моделирование нагружения ячеистой структуры, полученной из титанового сплава аддитивным методом. Применен метод конечных элементов. Сделан вывод о локализации напряжений в вертикальных перемышках ячеистой структуры. Предложено снабжать сетчатую архитектуру ячеек радиусами скруглений.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, титановые сплавы, испытание на сжатие, метод конечных элементов.

E. V. Khanykova

ABAQUS SYSTEM MODELING OF THE CELLULAR STRUCTURE COMPRESSION

The mathematical modeling of load of the cellular structure obtained from a titanium alloy by an additive method is performed. The finite element analysis is applied. A conclusion is drawn about the localization of stresses in vertical bridges of a cellular structure. It is proposed to provide the grid architecture of cells with radiuses of curvature.

Key words: additive technologies, 3D-printing, titanium alloys, compression test, finite element analysis.

Расширение сферы применения аддитивных технологий в ортопедии было обусловлено возможностью создания необходимой архитектуры имплантатов за счет программного обеспечения процесса 3D-печати [1]. В свою очередь, это привело к необходимости конструирования ячеистых материалов, обладающих заданным уровнем упругих и прочностных характеристик. При этом в области задания упругих свойств возникает проблема снижения модуля упругости, что достигается применением низкомодульных сплавов титана в сочетании с повышением пористости ансамбля. Пористость часто оказыва-

ется настолько высока, что сами материалы переводят из разряда пористых в разряд ячеистых сред. Для этого типа сред часто не подходит описание механики их деформации из области порошковой металлургии, где есть стремление наделить материал равномерно распределенной пористостью [2]. Их приходится описывать с позиции дискретного строения каждой ячейки.

Особенностью определения второго главного свойства — прочности — является проведение опыта на сжатие ячеистого материала. В отличие от обычных условий осадки [3] эксперимент проводится в отсутствие трения или, по крайней мере, при минимальном трении. Подробные условия испытания обсуждены в публикациях [4, 5].

Ячеистый материал 1 с порами 2 (рис. 1) осаживается на гладких плитах вертикально действующим напряжением p . Для последующего анализа приходится выделять элементарную ячейку 3.

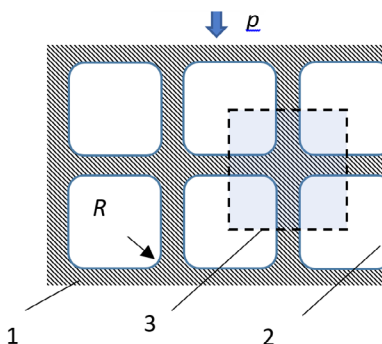


Рис. 1. Фрагмент имплантата с выделением элементарной ячейки

Схему сжатия моделировали с помощью метода конечных элементов, применяя программный модуль ABAQUS. Материал для изготовления ячеистых имплантатов — титановый сплав Ti–6Al–4V, заданы его упругие и пластические свойства.

Результат решения представлен на рис. 2 картиной распределения давления в перемычках ячейки.

Давление в данном случае рассчитывается как среднее арифметическое от нормальных напряжений, взятое с обратным знаком, т. е. плюс относится к схеме сжатия, а минус — к схеме растяжения.

Как видно из рисунка, наибольшее давление локализуется в вертикальных перемычках ячеистой структуры. Выявлено, что снижение давления и повышение равномерности распределения напряжений может быть достигнуто применением радиусов скруглений в местах соединения вертикальных и горизонтальных перемычек.

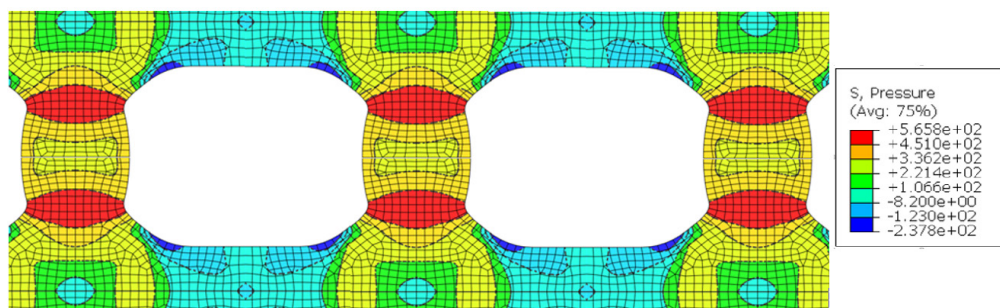


Рис. 2. Распределение давления (pressure) при относительном обжатии 23 %

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Оптимизация аугментации костных дефектов титановыми ячеистыми имплантатами в оперативной травматологии и ортопедии / М. В. Гилев [и др.] // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2017. Т. 14. № 4. С. 435–442.
- 2 Логинов Ю. Н. Развитие методов математического моделирования пластической деформации металлических пористых сред // Научно-технические ведомости СПбГТУ. 2005. № 40. С. 64–70.
- 3 Дегтярев И. С., Колмогоров В. Л., Логинов Ю. Н. Осадка пористой полосы в условиях предельного трения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 1975. № 6. С. 126–129.
- 4 Loginov Yu. N., Stepanov S. I., Khanykova E. V. Effect of pore architecture of titanium implants on stress-strain state upon compression // Solid State Phenomena. 2017. V. 265. P. 606–610.
- 5 Испытание на осадку пористого имплантата, полученного аддитивным методом из титанового сплава / Ю. Н. Логинов [и др.] // Титан. 2017. № 2 (55). С. 16–20.